



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월27일  
(11) 등록번호 10-2481622  
(24) 등록일자 2022년12월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G05B 19/19 (2006.01) G05B 19/18 (2006.01)  
G05B 19/4069 (2006.01) G05B 19/41 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G05B 19/19 (2013.01)  
G05B 19/182 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0081295  
(22) 출원일자 2021년06월23일  
심사청구일자 2021년06월23일  
(56) 선행기술조사문헌  
Weixin Wang 외 4명. Local asymmetrical corner trajectory smoothing (후략). Elsevier. 2021.04., Vol.68, 102058  
Burak Sencer 외 2명. A curvature optimal sharp corner smoothing algorithm (후략). Int. J. Adv. Manu. Technology. Springer. 2014.10.02., Vol.76, pp.1977-1992  
KR1020200047123 A

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
민병권  
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 280호  
이찬영  
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 산학협동연구관 308호  
황순홍  
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 산학협동연구관 308호  
(74) 대리인  
특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 18 항

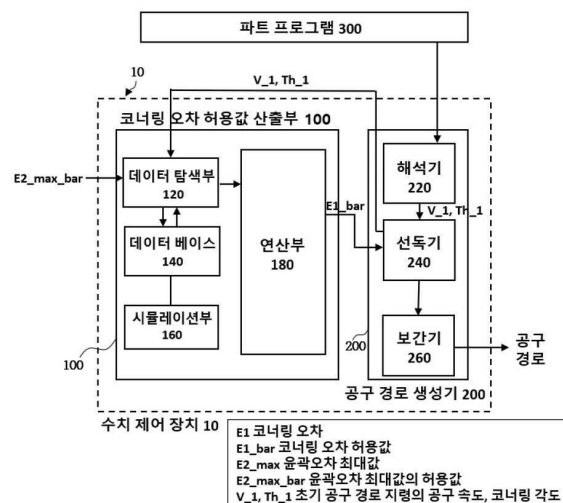
심사관 : 이세봄

(54) 발명의 명칭 고정밀 공구경로를 생성하는 동작기계용 수치 제어 장치 및 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 수치 제어 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 윤곽 오차의 최대값에 관한 허용값을 설정하고 코너링 오차를 조절하여 신속하고 높은 정밀도로 동작기계가 가공물을 가공할 수 있는 공구경로를 생성하는 수치 제어 장치에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*G05B 19/4069* (2013.01)

*G05B 19/41* (2013.01)

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

수신된 초기 공구 경로 지령 및 소정의 윤곽 오차 최대값의 허용값에 기초하여, 윤곽 오차의 최대값이 상기 윤곽 오차 최대값의 허용값 이하가 되도록 하는 코너링 오차 허용값을 산출하는 코너링 오차 허용값 산출부; 및  
상기 산출된 코너링 오차 허용값에 기초하여 최종 공구 경로 지령을 출력하는 공구 경로 생성기;를 포함하고,  
상기 코너링 오차 허용값 산출부는,

데이터 베이스에 사전에 저장된 기준 경로 오차 데이터에서 상기 수신된 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최대값의 허용값에 해당하는 보관된 데이터를 산출하고, 상기 보관된 데이터에 해당하는 코너링 오차 허용값을 산출하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기준 경로 오차 데이터는,

소정의 경로별로 공구 속도, 코너링 각도, 코너링 오차 및 윤곽 오차 최대값을 포함하고,

상기 윤곽 오차 최대값은 상기 공구 속도, 코너링 각도 및 코너링 오차에 따른 최대값인 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 코너링 오차 허용값 산출부는 데이터 탐색부를 더 포함하고,

상기 데이터 탐색부는,

상기 기준 경로 오차 데이터 중 상기 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최대값과 가장 근사한 적어도 하나의 기준 경로 오차 데이터를 포함하는 근사 데이터 세트를 추출하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 데이터 탐색부는,

상기 초기 공구 경로 지령과 상기 기준 경로 오차 데이터의 공구 속도 및 코너링 각도 간의 차이가 가장 작은 상기 근사 데이터 세트를 추출하고,

상기 근사 데이터 세트는 적어도 4개의 근사 데이터로 이루어진 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 4개의 근사 데이터는, 제1 내지 제4 데이터를 포함하고,

상기 제1 내지 제4 데이터는 공구 속도가 동일하고,

상기 제1 및 제3 데이터의 코너링 오차는 각각 상기 제2 및 제4 데이터의 코너링 오차가 동일하고,

상기 제1 및 제2 데이터의 코너링 각도는 각각 상기 제3 및 제4 데이터의 코너링 각도와 동일한 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

## 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 코너링 오차 허용값 산출부는,

상기 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제1 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 및 제2 데이터를 보간하여 제1 보간데이터를 산출하고,

상기 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제2 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 상기 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제3 데이터 및 제4 데이터를 보간하여 제2 보간데이터를 산출하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

## 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 선형 보간 알고리즘은 하기 수학식 1 및 2인 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

[수학식 1]

$$\alpha = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

[수학식 2]

$$E_C = \beta E_{C1} + \alpha E_{C2}$$

(X-Y축상 근사데이터를 나타냈을 때, 상기  $\alpha$ 는 X축상 좌측 근사 데이터와 보간 데이터 간의 거리를 의미하며, 상기  $\beta = 1 - \alpha$ , 상기  $\theta$ 는 보간 데이터의 코너링 각도, 상기  $\theta_1$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 코너링 각도, 상기  $\theta_2$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 코너링 각도, 상기  $E_{C1}$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 윤곽 오차, 상기  $E_{C2}$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 윤곽 오차이며, X축상 좌측 근사 데이터는 제1 또는 제3 데이터이며, 우측 근사 데이터는 제2 또는 제4 데이터이며, 보간 데이터는 제1 또는 제2 보간데이터임)

## 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 코너링 오차 허용값 산출부는,

제2 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 보간데이터와 상기 제2 보간데이터를 보간하여 제3 보간데이터를 산출하고,

상기 제3 보간데이터의 윤곽 오차가 상기 윤곽 오차 최댓값의 허용값과 일치하도록 상기 제3 보간데이터의 코너

링 오차를 생성하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 선형 보간 알고리즘은 하기 수학적식 3 및 4인 것을 특징으로 하는 수치 제어 장치.

[수학적식 3]

$$d = \frac{E_{CT} - E_{B2}}{E_{B1} - E_{B2}}$$

[수학적식 4]

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + d\Delta\varepsilon$$

(이때, X-Y축상 보간데이터를 나타냈을 때, 상기 d는 좌표상 제1 보간데이터와 제2 보간데이터 사이의 거리, 상기  $E_{CT}$ 는 윤곽 오차 최댓값의 허용값, 상기  $E_{B2}$ 는 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차, 상기  $E_{B1}$ 는 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차, 상기  $\varepsilon$ 은 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 맞추어 조절하고자 하는 코너링 오차, 상기  $\varepsilon_1$ 은 제2 보간데이터의 코너링 오차, 상기  $\Delta\varepsilon$ 는 제2 보간데이터의 코너링 오차와 제1 보간데이터의 코너링 오차 간의 차이값임)

#### 청구항 10

고정밀 공구경로를 생성하는 공작기계용 수치 제어 장치의 제어방법에 있어서,

수치 제어 장치가,

(a) 수신된 초기 공구 경로 지령 및 소정의 윤곽 오차 최대값의 허용값에 기초하여, 윤곽 오차의 최대값이 상기 윤곽 오차 최대값의 허용값 이하가 되도록 하는 코너링 오차 허용값을 산출하는 단계; 및

(b) 상기 산출된 코너링 오차 허용값에 기초하여 최종 공구 경로 지령을 출력하는 단계;를 포함하고,

상기 (a) 코너링 오차 허용값 산출 단계에서,

데이터 베이스에 사전에 저장된 기준 경로 오차 데이터에서 상기 수신된 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최대값의 허용값에 해당하는 보간된 데이터를 산출하고, 상기 보간된 데이터에 해당하는 코너링 오차 허용값을 산출하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 기준 경로 오차 데이터는,

소정의 경로별로 공구 속도, 코너링 각도, 코너링 오차 및 윤곽 오차 최댓값을 포함하고,

상기 윤곽 오차 최댓값은 상기 공구 속도, 코너링 각도 및 코너링 오차에 따른 최댓값인 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 (a) 코너링 오차 허용값을 산출하는 단계는 데이터를 탐색하는 단계를 더 포함하고,

상기 데이터 탐색 단계는,

데이터 탐색부가 상기 기준 경로 오차 데이터 중 상기 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최댓값과 가장 근사한 적어도 하나의 기준 경로 오차 데이터를 포함하는 근사 데이터 세트를 추출하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 데이터 탐색 단계는,

상기 초기 공구 경로 지령과 상기 기준 경로 오차 데이터의 공구 속도 및 코너링 각도 간의 차이가 가장 작은 근사 데이터 세트를 추출하고,

상기 근사 데이터 세트는 적어도 4개의 근사 데이터로 이루어진 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 4개의 근사 데이터는, 제1 내지 제4 데이터를 포함하고,

상기 제1 내지 제4 데이터는 공구 속도가 동일하고,

상기 제1 및 제3 데이터의 코너링 오차는 각각 상기 제2 및 제4 데이터의 코너링 오차가 동일하고,

상기 제1 및 제2 데이터의 코너링 각도는 각각 상기 제3 및 제4 데이터의 코너링 각도와 동일한 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

### 청구항 15

제14항에 있어서,

상기 (a)코너링 오차 허용값 산출 단계는,

상기 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제1 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 및 제2 데이터를 보간하여 제1 보간데이터를 산출하고,

상기 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제2 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 상기 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제3 데이터 및 제4 데이터를 보간하여 제2 보간데이터를 산출하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 제1 선형 보간 알고리즘은 하기 수학적 식 1 및 2인 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

[수학식 1]

$$\alpha = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

[수학식 2]

$$E_C = \beta E_{C1} + \alpha E_{C2}$$

(X-Y축상 근사데이터를 나타냈을 때, 상기  $\alpha$ 는 X축상 좌측 근사 데이터와 보간 데이터 간의 거리를 의미하며, 상기  $\beta = 1 - \alpha$ ,  $\theta$ 는 보간 데이터의 코너링 각도, 상기  $\theta_1$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 코너링 각도, 상기  $\theta_2$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 코너링 각도, 상기  $E_{C1}$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 윤곽 오차, 상기  $E_{C2}$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 윤곽 오차이며, X축상 좌측 근사 데이터는 제1 또는 제3 데이터이며, 우측 근사 데이터는 제2 또는 제4 데이터이며, 보간 데이터는 제1 또는 제2 보간데이터임)

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

상기 (a)코너링 오차 허용값 산출 단계는,

제2 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 보간데이터와 상기 제2 보간데이터를 보간하여 제3 보간데이터를 산출하고,

상기 제3 보간데이터의 윤곽 오차가 상기 윤곽 오차 최댓값의 허용값과 일치하도록 상기 제3 보간데이터의 코너링 오차를 생성하는 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

#### 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제2 선형 보간 알고리즘은 하기 수학식 3 및 4인 것을 특징으로 하는 수치 제어 방법.

[수학식 3]

$$d = \frac{E_{CT} - E_{C1}}{E_{C2} - E_{C1}}$$

[수학식 4]

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + d\Delta\varepsilon$$

(이때, X-Y축상 보간데이터를 나타냈을 때, 상기 d는 좌표상 제1 보간데이터와 제2 보간데이터 사이의 거리, 상기  $E_{CT}$ 는 윤곽 오차 최댓값의 허용값, 상기  $E_{B2}$ 은 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차, 상기  $E_{B1}$ 는 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차, 상기  $\varepsilon$ 은 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 맞추어 조절하고자 하는 코너링 오차, 상기  $\varepsilon_1$ 은 제2 보간데이터의 코너링 오차, 상기  $\Delta\varepsilon$ 는 제2 보간데이터의 코너링 오차와 제1 보간데이터의 코너링 오차 간의 차이값임)

#### 발명의 설명

## 기술분야

[0001] 본 발명은 수치 제어 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 윤곽 오차의 최댓값에 관한 허용값을 설정하고 코너링 오차를 조절하여 신속하고 높은 정밀도로 공작기계가 가공물을 가공할 수 있는 공구경로를 생성하는 수치 제어 장치에 관한 것이다.

## 배경기술

[0002] 공작기계에서, 공구경로란 공구가 가공물에 대하여 상대적으로 이동하면서 가공물을 가공하는 경우 가공물에 대한 공구의 상대적인 경로를 의미하는데, 종래에는 공작기계의 수치 제어 장치가 가공시간 단축을 위해 복수의 지령점을 연결하여 얻어지는 꺾은 직선을 곡선 근사하여 매끄러운 공구경로를 생성하는 코너 스무딩(Corner Smoothing) 보간 방법이 사용되었다.

[0003] 그러나, 이러한 코너 스무딩 보간 방법 적용시 코너링 오차를 일정하게 유지하는 경우, 코너링 오차를 너무 크게 설정하면 가공 정밀도가 저하될 수 있고, 코너링 오차를 너무 작게 설정하면 가공 소요시간이 과도하게 발생할 수 있는 문제가 있다.

[0004] 또한, 생성된 공구경로를 공작기계 이송계가 추종시 마찰력, 절삭력 등의 외란으로 인해 공구경로를 벗어나 윤곽 오차가 발생한다. 윤곽 오차는 가공물의 형상 정밀도에 직접적으로 영향을 주는 요소이므로, 정밀도 향상을 위해서는 코너 스무딩 보간 방법에 있어 윤곽 오차의 제한이 필요하다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제2180545호(2020.11.12.)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 윤곽 오차의 최댓값에 관한 허용값을 설정하고 코너링 오차를 조절하여 신속하고 높은 정밀도로 공작기계가 가공물을 가공할 수 있는 공구경로를 생성하는 수치 제어 장치에 관한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 예에 따른 수치 제어 장치는, 수신된 초기 공구 경로 지령 및 소정의 윤곽 오차 최대값의 허용값에 기초하여, 윤곽 오차의 최대값이 상기 윤곽 오차 최대값의 허용값 이하가 되도록 하는 코너링 오차 허용값을 산출하는 코너링 오차 허용값 산출부; 및 상기 산출된 코너링 오차 허용값에 기초하여 최종 공구 경로 지령을 출력하는 공구 경로 생성기;를 포함하고, 상기 코너링 오차 허용값 산출부는, 데이터 베이스에 사전에 저장된 기준 경로 오차 데이터에서 상기 수신된 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최대값의 허용값에 해당하는 보간된 데이터를 산출하고, 상기 보간된 데이터에 해당하는 코너링 오차 허용값을 산출할 수 있다.

[0008] 상기 기준 경로 오차 데이터는, 소정의 경로별로 공구 속도, 코너링 각도, 코너링 오차 및 윤곽 오차 최댓값을 포함하고, 상기 윤곽 오차 최댓값은 상기 공구 속도, 코너링 각도 및 코너링 오차에 따른 최댓값일 수 있다.

[0009] 상기 코너링 오차 허용값 산출부는 데이터 탐색부를 더 포함하고, 상기 데이터 탐색부는, 상기 기준 경로 오차 데이터 중 상기 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최댓값과 가장 근사한 적어도 하나의 기준 경로 오차 데이터를 포함하는 근사 데이터 세트를 추출할 수 있다.

[0010] 상기 데이터 탐색부는, 상기 초기 공구 경로 지령과 상기 기준 경로 오차 데이터의 공구 속도 및 코너링 각도 간의 차이가 가장 작은 상기 근사 데이터 세트를 추출하고, 상기 근사 데이터 세트는 적어도 4개의 근사 데이터로 이루어질 수 있다.

[0011] 상기 4개의 근사 데이터는, 제1 내지 제4 데이터를 포함하고, 상기 제1 내지 제4 데이터는 공구 속도가 동일하고, 상기 제1 및 제3 데이터의 코너링 오차는 각각 상기 제2 및 제4 데이터의 코너링 오차가 동일하고, 상기 제

1 및 제2 데이터의 코너링 각도는 각각 상기 제3 및 제4 데이터의 코너링 각도와 동일할 수 있다.

[0012] 상기 코너링 오차 허용값 산출부는, 상기 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제1 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 및 제2 데이터를 보간하여 제1 보간데이터를 산출하고, 상기 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제2 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 상기 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제3 데이터 및 제4 데이터를 보간하여 제2 보간데이터를 산출할 수 있다.

[0013] 상기 제1 선형 보간 알고리즘은 하기 수학적식 1 및 2일 수 있다.

[0014] [수학적식 1]

$$\alpha = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

[0015]

[0016] [수학적식 2]

$$E_C = \beta E_{C1} + \alpha E_{C2}$$

[0017]

[0018] (X-Y축상 근사데이터를 나타냈을 때, 상기  $\alpha$ 는 X축상 좌측 근사 데이터와 보간 데이터 간의 거리를 의미하며, 상기  $\beta = 1 - \alpha$ , 상기  $\theta$ 는 보간 데이터의 코너링 각도, 상기  $\theta_1$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 코너링 각도, 상기  $\theta_2$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 코너링 각도, 상기  $E_{C1}$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 윤곽 오차, 상기  $E_{C2}$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 윤곽 오차이며, X축상 좌측 근사 데이터는 제1 또는 제3 데이터이며, 우측 근사 데이터는 제2 또는 제4 데이터이며, 보간 데이터는 제1 또는 제2 보간데이터임)

[0019] 상기 코너링 오차 허용값 산출부는, 제2 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 보간데이터와 상기 제2 보간데이터를 보간하여 제3 보간데이터를 산출하고, 상기 제3 보간데이터의 윤곽 오차가 상기 윤곽 오차 최대값의 허용값과 일치하도록 상기 제3 보간데이터의 코너링 오차를 생성할 수 있다.

[0020] 상기 제2 선형 보간 알고리즘은 하기 수학적식 3 및 4일 수 있다.

[0021] [수학적식 3]

$$d = \frac{E_{CT} - E_{B2}}{E_{B1} - E_{B2}}$$

[0022]

[0023] [수학적식 4]

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + d\Delta\varepsilon$$

[0024]

[0025] (이때, X-Y축상 보간데이터를 나타냈을 때, 상기 d는 좌표상 제1 보간데이터와 제2 보간데이터 사이의 거리, 상기  $E_{CT}$ 은 윤곽 오차 최대값의 허용값, 상기  $E_{B2}$ 은 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차, 상기  $E_{B1}$ 은 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차, 상기  $\varepsilon$ 은 윤곽 오차 최대값의 허용값에 맞추어 조절하고자 하는 코너링 오차, 상기  $\varepsilon_1$ 은 제2 보간데이터의 코너링 오차, 상기  $\Delta\varepsilon$ 는 제2 보간데이터의 코너링 오차와 제1 보간데이터의 코너링 오차 간의 차이값임)

[0026] 본 발명의 일 예에 따른 고정밀 공구경로를 생성하는 공작기계용 수치 제어 장치의 제어방법은, 고정밀 공구경로를 생성하는 공작기계용 수치 제어 장치의 제어방법에 있어서, 수치 제어 장치가, (a) 수신된 초기 공구 경로 지령 및 소정의 윤곽 오차 최대값의 허용값에 기초하여, 윤곽 오차의 최대값이 상기 윤곽 오차 최대값의 허용값 이하가 되도록 하는 코너링 오차 허용값을 산출하는 단계; 및 (b) 상기 산출된 코너링 오차 허용값에 기초하여 최종 공구 경로 지령을 출력하는 단계;를 포함하고, 상기 (a) 코너링 오차 허용값 산출 단계에서, 데이터 베이스에 사전에 저장된 기준 경로 오차 데이터에서 상기 수신된 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최대값의 허용

값에 해당하는 보간된 데이터를 산출하고, 상기 보간된 데이터에 해당하는 코너링 오차 허용값을 산출할 수 있다.

[0027] 상기 기준 경로 오차 데이터는, 소정의 경로별로 공구 속도, 코너링 각도, 코너링 오차 및 윤곽 오차 최댓값을 포함하고, 상기 윤곽 오차 최댓값은 상기 공구 속도, 코너링 각도 및 코너링 오차에 따른 최댓값일 수 있다.

[0028] 상기 (a) 코너링 오차 허용값을 산출하는 단계는 데이터를 탐색하는 단계를 더 포함하고, 상기 데이터 탐색 단계는, 데이터 탐색부가 상기 기준 경로 오차 데이터 중 상기 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최댓값과 가장 근사한 적어도 하나의 기준 경로 오차 데이터를 포함하는 근사 데이터 세트를 추출할 수 있다.

[0029] 상기 데이터 탐색 단계는, 상기 초기 공구 경로 지령과 상기 기준 경로 오차 데이터의 공구 속도 및 코너링 각도 간의 차이가 가장 작은 근사 데이터 세트를 추출하고, 상기 근사 데이터 세트는 적어도 4개의 근사 데이터로 이루어질 수 있다.

[0030] 상기 4개의 근사 데이터는, 제1 내지 제4 데이터를 포함하고, 상기 제1 내지 제4 데이터는 공구 속도가 동일하고, 상기 제1 및 제3 데이터의 코너링 오차는 각각 상기 제2 및 제4 데이터의 코너링 오차가 동일하고, 상기 제1 및 제2 데이터의 코너링 각도는 각각 상기 제3 및 제4 데이터의 코너링 각도와 동일할 수 있다.

[0031] 상기 (a)코너링 오차 허용값 산출 단계는, 상기 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제1 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 및 제2 데이터를 보간하여 제1 보간데이터를 산출하고, 상기 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제2 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 상기 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제3 데이터 및 제4 데이터를 보간하여 제2 보간데이터를 산출할 수 있다.

[0032] 상기 제1 선형 보간 알고리즘은 하기 수학식 1 및 2일 수 있다.

[0033] [수학식 1]

$$\alpha = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

[0034]

[0035] [수학식 2]

$$E_C = \beta E_{C1} + \alpha E_{C2}$$

[0036]

[0037] (X-Y축상 근사데이터를 나타냈을 때, 상기  $\alpha$ 는 X축상 좌측 근사 데이터와 보간 데이터 간의 거리를 의미하며, 상기  $\beta = 1 - \alpha$ ,  $\theta$ 는 보간 데이터의 코너링 각도, 상기  $\theta_1$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 코너링 각도, 상기  $\theta_2$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 코너링 각도, 상기  $E_{C1}$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 윤곽 오차, 상기  $E_{C2}$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 윤곽 오차이며, X축상 좌측 근사 데이터는 제1 또는 제3 데이터이며, 우측 근사 데이터는 제2 또는 제4 데이터이며, 보간 데이터는 제1 또는 제2 보간데이터임)

[0038] 상기 (a)코너링 오차 허용값 산출 단계는, 제2 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 보간데이터와 상기 제2 보간데이터를 보간하여 제3 보간데이터를 산출하고, 상기 제3 보간데이터의 윤곽 오차가 상기 윤곽 오차 최댓값의 허용값과 일치하도록 상기 제3 보간데이터의 코너링 오차를 생성할 수 있다.

[0039] 상기 제2 선형 보간 알고리즘은 하기 수학식 3 및 4일 수 있다.

[0040] [수학식 3]

$$d = \frac{E_{CT} - E_{C1}}{E_{C2} - E_{C1}}$$

[0041]

[0042] [수학식 4]

$$[0043] \quad \varepsilon = \varepsilon_1 + d\Delta\varepsilon$$

[0044] (이때, X-Y축상 보간데이터를 나타냈을 때, 상기 d는 좌표상 제1 보간데이터와 제2 보간데이터 사이의 거리, 상기  $\mathbf{E}_{CT}$ 는 윤곽 오차 최댓값의 허용값, 상기  $\mathbf{E}_{B2}$ 은 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차, 상기  $\mathbf{E}_{B1}$ 는 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차, 상기 l은 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 맞추어 조절하고자 하는 코너링 오차, 상기  $\varepsilon_1$ 은 제2 보간데이터의 코너링 오차, 상기  $\Delta\varepsilon$ 는 제2 보간데이터의 코너링 오차와 제1 보간데이터의 코너링 오차 간의 차이값임)

### 발명의 효과

[0045] 본 발명에 의하면, 다양한 경로에 대해 공작기계가 공구경로를 따라 움직이는 시뮬레이션을 수행하고, 해당 공구경로에 대한 윤곽 오차를 예측하여 사전에 데이터 베이스에 기준 경로 오차 데이터를 저장하기 때문에, 실제 공구경로를 따라 공작기계를 추종시키지 않고서도 다양한 공구경로에 대해 윤곽 오차를 효율적으로 산출하여 코너링 오차를 적절히 조절함으로써 가공 정밀도를 유지하면서도 가공 소요 시간을 단축할 수 있는 효과를 나타낼 수 있다.

[0046] 또한, 본 발명에 의하면, 사전에 설정된 윤곽 오차 최댓값의 허용값의 범위 내에서 코너링 오차를 조절하여 공구경로를 생성하여, 코너의 각도가 큰 가공 형상이 급변하는 모서리에서는 윤곽 오차 최댓값의 허용값 범위 내에서 코너링 오차를 작게 하여 형상 정밀도를 향상시킬 수 있으며, 코너의 각도가 작은 가공 형상이 완만한 모서리에서는 윤곽 오차 최댓값의 허용값 범위 내에서 코너링 오차를 크게 하여 형상 정밀도를 유지하면서 가공시간을 단축시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0047] 도 1은 코너링 오차와 윤곽 오차를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 예에 따른 수치 제어 장치의 블록도를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 일 예에 따른 근사 데이터를 이용하여 윤곽 오차 최댓값의 허용값 범위 내에서 코너링 오차 산출과정을 나타낸 모식도를 나타낸다.

도 4는 본 발명의 일 예에 따른 코너링 오차 조절 결과를 나타낸다.

도 5는 본 발명의 일 예에 따른 수치 제어 방법의 플로우 차트를 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 본 명세서의 전반에 걸쳐 기재된 "...부(unit)", "...장치(device)" 및 "...시스템(system)" 등의 용어는 하나 또는 둘 이상의 기능이 조합된 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0049] 본 명세서에 사용된 바와 같은 "부", "장치" 및 "시스템" 등의 용어는 컴퓨터 관련 엔티티(Entity), 즉 하드웨어, 하드웨어 및 소프트웨어의 조합, 소프트웨어 또는 실행 시의 소프트웨어와 등가로 취급할 수 있다. 또한, 본 발명에서 실행되는 어플리케이션 프로그램은 "부" 단위로 구성될 수 있고, 읽기, 쓰기 및 지우기가 가능한 형태로 하나의 물리적 메모리에 기록되거나, 둘 이상의 메모리 또는 기록매체 사이에 분산되어 기록될 수 있다.

[0050] 본 장치(10)는 제한된 윤곽 오차 범위내에서 코너링 오차를 조절하여 공구경로를 생성하는 것으로, 윤곽 오차와 코너링 오차에 대해 간략히 설명하면 다음과 같다.

[0051] 도 1은 코너링 오차와 윤곽 오차를 나타낸 것으로, 도면에서 실선으로 표시된 가공 목표는 가공물의 가공하고자 하는 형상을 나타낸다. 공작기계가 절삭 또는 연삭하여야 하는 부분 즉, 가공목표(파트프로그램 출력)를 나타낸 것이 도 1의 굵은 실선이다. 공구경로는 공작기계가 가공물에 대하여 상대적으로 이동하는 경로이며, 파선으로 표시되어 있다. 공구경로는 수치제어장치 등에 의하여 공작기계가 이동하는 경로로 설정되는 값이며, 본 발명은 공구경로를 생성하는 수치제어장치에 해당할 수 있다. 실제 공구 경로는 실제로 공작기계를 공구경로에 맞추어 추종시 나타나는 공구 경로를 나타내며, 점선으로 표시되어 있다.

- [0052] 여기서 코너링 오차란 가공 목표와 공구경로 사이의 최단거리를 의미하고, 윤곽 오차란 공구경로와 실제 공구 경로 간의 최단거리를 의미한다. 윤곽 오차는, 공작기계의 추종시 발생하는 마찰력, 절삭력 등의 외란에 의하여 나타나는 현상이다. 특히, 두 개의 직선으로 표현되는 공구경로가 하나의 지령점, 즉 속도 및 방향이 바뀌는 코너 부분에서는 코너링 각도가 클수록 윤곽 오차가 크게 나타난다. 코너링 오차는 공작 기계를 통해 코너 부근을 가공할 때, 가공 시간을 단축시키기 위하여 코너 부근을 매끄러운 곡선으로 연결하여 새로운 공구 경로를 생성하는 코너 스무딩 보간 방법을 적용하는 경우, 파트 프로그램(300)과 공구경로 간의 위치 차이로 인하여 발생하는 오차이다.
- [0053] 기존의 공작기계의 공구경로를 생성하는 수치제어장치에서는 파트 프로그램(300)과 윤곽 오차를 고려하지 않고 코너링 오차를 고정하여 공구경로를 생성하므로, 윤곽 오차가 특정 구간에서 허용값을 초과할 수 있다. 공작기계에 있어, 윤곽 오차와 코너링 오차를 포함하는 가공 오차는 가공물의 정밀도와 직결된다. 본 발명은 윤곽 오차 최댓값의 허용값 범위내에서 코너링 오차를 조절하여 공구경로를 생성할 수 있으므로, 가공물의 가공 오차를 줄이고, 작고 세밀한 가공을 필요로 하는 사용자의 요구를 충족시킬 수 있다.
- [0054] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 의한 코너링 오차가 조절된 공구의 경로를 생성하는 수치 제어 장치의 실시예에 관하여 상세히 설명한다.
- [0055] 도 2는 본 발명의 일 예에 따른 코너링 오차가 조절된 공구의 경로를 생성하는 수치 제어 장치의 블록도를 도시한 것이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 장치는, 코너링 오차 허용값 산출부(100) 및 공구 경로 생성기(200)를 포함할 수 있으며, 코너링 오차 허용값 산출부(100)는 데이터 탐색부(120), 데이터 베이스(140), 시뮬레이션부(160)를 포함하여 이루어질 수 있고, 공구 경로 생성기(200)는 해석기(220), 선독기(240), 보간기(260)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0056] 해석기(220)는 파트 프로그램(300)으로부터 초기 공구 경로 지령을 추출하며, 초기 공구 경로 지령은 목표하는 형상물의 가공에 필요한 공구 속도 및 코너링 각도에 해당할 수 있다. 여기서 파트 프로그램(300)은 사용자로부터 수동으로 또는 가공 형상에 따라서 자동으로 입력되는 프로그래밍 언어에 해당할 수 있으며, X, Y 또는 Z축의 이동 위치, 각 축의 이동거리와 방향, 이동 형태(예를 들면, 직선이나 원호), 공구 속도, 프로그램 번호 등으로 이루어질 수 있다. 선독기(240)는 추출된 초기 공구 경로 지령을 해석기(220)로부터 전달받을 수 있다. 선독기(240)는 추출된 초기 공구 경로 지령을 먼저 코너링 오차 허용값 산출부(100)로 전송할 수 있다.
- [0057] 코너링 오차 허용값 산출부(100)는 수신된 초기 공구경로 지령 및 소정의 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 기초하여, 윤곽 오차의 최댓값이 윤곽 오차 최댓값의 허용값 이하가 되도록 하는 코너링 오차 허용값을 산출할 수 있다. 여기서 초기 공구 경로 지령은 공구 경로 생성기(200)의 선독기(240)로부터 전달받은 데이터에 해당할 수 있다. 윤곽 오차 최댓값의 허용값은 사용자로부터 입력받는 값이며, 공작 기계의 공구경로 추종시 발생하는 윤곽 오차를 제한하기 위해 입력된 값이다.
- [0058] 여기서 코너링 오차 허용값 산출부(100)는 데이터 베이스(140)에 사전에 저장된 기준 경로 오차 데이터에서 상기 수신된 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 해당하는 보간된 데이터를 산출하고, 상기 보간된 데이터에 해당하는 코너링 오차 허용값을 산출할 수 있다. 여기서 데이터 베이스(140)는 시뮬레이션부(160)로부터 생성된 기준 경로 오차 데이터를 저장한다. 시뮬레이션부(160)는 공구 속도, 코너링 각도 및 코너링 오차를 조절하여 시뮬레이션을 수행하고, 다양한 경로에 대한 윤곽 오차의 최댓값을 산출할 수 있다. 여기서 시뮬레이션을 수행한다는 것은 공구경로에 대해 가상으로 공작기계가 공구경로를 추종시 실제 공구 경로를 예측하는 것을 의미할 수 있다. 또한, 다양한 경로란 코너의 각도가 큰 값을 가지는 코너 또는 작은 값을 가지는 코너에 대하여 스무딩 보간방법을 적용하여 코너링 오차가 큰 값을 가지도록 또는 작은 값을 가지도록, 평활화 처리를 수행한 경로를 말한다. 데이터 베이스(140)는 시뮬레이션부(160)로부터 전송받은 데이터를 기준 경로 오차 데이터로 저장할 수 있다.
- [0059] 코너링 오차 허용값 산출부(100)가 이용하는 기준 경로 오차 데이터는 소정의 경로별로 공구 속도, 코너링 각도, 코너링 오차 및 윤곽 오차 최댓값을 포함하고, 여기서 윤곽 오차 최댓값은 상기 공구 속도, 코너링 각도 및 코너링 오차에 따른 최댓값에 해당할 수 있다. 위 기준 경로 오차 데이터는 공구 속도, 코너링 각도, 코너링 오차 및 윤곽 오차 최댓값 각각의 값들을 데이터열로 저장한 값에 해당할 수 있다.
- [0060] 시뮬레이션부(160)와 데이터 베이스(140)가 다양한 경로에 대하여 예상되는 코너링 오차와 윤곽 오차 최댓값을 기준 경로 오차 데이터로 저장하기 때문에, 사용자가 파트 프로그램(300)으로 입력한 공구경로에 대하여 실제로 공작기계를 추종시키지 않고서도 코너링 오차와 윤곽 오차를 산출해 낼 수 있다. 이로 인해, 공구경로 생성시간

을 단축할 수 있으며, 공구경로 생성효율을 높일 수 있다. 또한, 다양한 경로에 대해 시뮬레이션을 수행하여 기준 경로 오차 데이터를 생성하여 저장할 수 있으므로, 사용자가 파트 프로그램(300)을 통해 입력한 공구경로에 대해 제한이 없이 본 발명의 코너링 오차가 조절된 공구의 경로를 생성하는 수치 제어 장치를 적용할 수 있다.

[0061] 공구 경로 생성기(200)는 산출된 코너링 오차 허용값에 기초하여 최종 공구 경로 지령을 출력할 수 있다. 공구 경로 생성기(200)의 선택기(240)는 초기 공구 경로 지령의 공구 속도, 코너링 각도 및 산출된 코너링 오차 허용값을 이용하여 공구경로 보간에 필요한 최대 가속도, 최대 저크, 보간 시간 등을 계산할 수 있다. 여기서, 최종 공구 경로 지령은 공구 속도, 코너링 각도, 산출된 코너링 오차 허용값, 최대 가속도, 최대 저크 및 보간 시간을 포함할 수 있다. 공구 경로 생성기(200)의 보간기(260)는 선택기(240)에서 출력된 최종 공구 경로 지령을 이용해 코너 부근에서 윤곽 오차 제한이 가능한 매끄러운 곡선 경로를 가지는 공구경로를 생성한다.

[0062] 코너링 오차 허용값 산출부(100)는 데이터 탐색부(120)를 더 포함할 수 있다. 데이터 탐색부(120)는 기준 경로 오차 데이터 중 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최댓값과 가장 근사한 적어도 하나의 기준 경로 오차 데이터를 포함하는 근사 데이터 세트를 추출할 수 있다. 또한, 초기 공구 경로 지령과 기준 경로 오차 데이터의 공구 속도 및 코너링 각도 간의 차이가 가장 작은 상기 근사 데이터 세트를 추출하고, 근사 데이터 세트는 적어도 4개의 근사 데이터로 이루어질 수 있다.

[0063] 여기서 근사 데이터란, 데이터 베이스(140)에서 생성된 기준 경로 오차 데이터 중에서, 초기 공구경로 데이터의 공구 속도 및 코너링 각도 중 하나의 값이 일치하지 않는 경우, 그 불일치하는 값이 초기 공구 경로 지령과 가장 차이가 작은 값을 가지면서, 윤곽 오차 최댓값의 허용값과 일치하는 지점을 산출할 수 있는 근사 데이터를 포함할 수 있다. 여기서 윤곽 오차 최댓값의 허용값과 일치하는 지점을 산출할 수 있는 근사 데이터는 각 데이터를 이용하여 후술할 선형 보간 알고리즘을 수행하였을 때, 윤곽 오차 최댓값의 허용값과 가장 작은 차이를 가지는, 윤곽 오차 최댓값의 허용값보다 큰 윤곽 오차 및 작은 윤곽 오차를 산출할 수 있는 데이터에 해당할 수 있다.

[0064] 도 3은 데이터 탐색부(120)의 근사 데이터를 이용하여 윤곽 오차 최댓값의 허용값 범위 내에서 코너링 오차 산출과정을 나타낸 모식도이다. 도 3에 기재된 부호들은 하기 [표 1]과 같다.

[0065] [표 1]

Symbol	Description	Unit
F	공구 속도	mm/min
$\theta$	코너링 각도	deg
$\varepsilon$	코너링 오차의 허용값	$\mu\text{m}$
E	윤곽 오차 최댓값	$\mu\text{m}$
$E_{CT}$	윤곽 오차 최댓값의 허용값	$\mu\text{m}$

[0066] 도 3에 도시된 바와 같이, 근사 데이터 세트에 해당할 수 있는 4개의 근사 데이터는, 제1 내지 제4 데이터를 포함할 수 있으며, 제1 내지 제4 데이터는 공구 속도가 동일하고, 제1 및 제3 데이터의 코너링 오차는 각각 제2 및 제4 데이터의 코너링 오차가 동일하고, 상기 제1 및 제2 데이터의 코너링 각도는 각각 제3 및 제4 데이터의 코너링 각도와 동일할 수 있다. 제1 데이터와 제2 데이터는 공구 속도가 600으로 동일하게 나타나 있으나, 또 다른 지령점에서 탐색된 근사데이터는 공구 속도가 동일하지 않고, 코너링 각도가 동일한 값을 가질 수 있다. 이 경우 근사 데이터는 위와 같은 방식으로 코너링 각도 대신 공구 속도를 나타낼 수 있다.

[0068] 도 3에 도시된 바와 같이, 제1 내지 제4 데이터를 X-Y축 좌표상에 표시하면, 제1 데이터와 제2 데이터는 X축 상의 일직선상에 위치하며, 제3 데이터와 제4 데이터 또한 X축 상의 일직선상에 위치한다. 이는 각 데이터의 공구 속도 및 코너링 오차가 각각 동일한 값을 가지기 때문이다. 다만, 공구 속도가 도3에 도시된 코너링 각도처럼 다른 값을 가질 수 있고, 코너링 각도가 동일한 값을 가질 수 있다.

[0069] 코너링 오차 허용값 산출부(100)는 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제1 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 및 제2 데이터를 보간하여 제1 보간데이터를 산출하고, 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제2 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 상기 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제3 데이터 및 제4 데이터를 보간하여 제2 보

간데이터를 산출할 수 있다. 여기서 선형 보간 알고리즘은 두 점의 데이터가 주어졌을 때 그 사이에 특정 지점에 위치한 값을 추정하기 위하여 직선 거리에 따라 선형적으로 계산하는 방법이다. 선형 보간 알고리즘은 도 3에 나타난 바와 같은 방식으로 이루어질 수 있다.

[0070] 제2 보간데이터를 구하는 방식에 대하여는 도 3의 오른쪽 상단에 나타나 있다. 도 3에서 일례로 하나의 지령점에 대하여 초기 공구 경로 지령으로 주어진 조건은 공구 속도( $F_0$ )가 600, 코너링 각도( $\theta_0$ )가 83이며, 윤곽 오차 최댓값의 허용값은 70이다. 이에 따라, 공구 속도( $F_0$ )가 600이고, 코너링 각도( $\theta_0$ )가 83이며, 윤곽 오차 최댓값의 허용값인 70보다 첫번째로 낮은 윤곽 오차를 가지는 제2 보간데이터를 구하기 위해, 제3 데이터와 제2 보간데이터 사이의 X축상 직선상 거리( $\alpha$ )를 계산한다. 이는 하기 [수학식 1]에 의해 구할 수 있다.

[0071] [수학식 1]

$$\alpha = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

[0072]

[0073] [수학식 2]

$$E_C = \beta E_{C1} + \alpha E_{C2}$$

[0074]

[0075] 이는, X-Y축상 근사데이터를 나타냈을 때,  $\alpha$ 는 X축상 좌측 근사 데이터와 보간 데이터 간의 거리를 의미하며,  $\beta = 1 - \alpha$ ,  $\theta$ 는 보간 데이터의 코너링 각도,  $\theta_1$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 코너링 각도,  $\theta_2$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 코너링 각도,  $E_{C1}$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 윤곽 오차,  $E_{C2}$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 윤곽 오차이며, X축상 좌측 근사 데이터는 제1 또는 제3 데이터이며, 우측 근사 데이터는 제2 또는 제4 데이터이며, 보간 데이터는 제1 또는 제2 보간데이터에 해당할 수 있다.

[0076] 도 3의 우측 상단에 제2 보간데이터를 구하는 방식이 도시된 예를 살펴보면, 제2 보간데이터는 제3 데이터와 제4 데이터를 이용하여 산출된다.  $\alpha$ 를 구하는 과정을 살펴보면, 초기 공구 경로 지령으로부터 주어진  $\theta$ 가 83이고, 제3 데이터의  $\theta_1$ 은 80, 제4 데이터의  $\theta_2$ 는 90이므로 각각의 값을 수학식 1에 대입하여  $\alpha$ 는 0.3이 도출된다.  $\beta = 1 - \alpha$ 이므로,  $\beta$ 는 0.7임을 알 수 있다. 이 후 제2 보간데이터의 F가 600,  $\theta$ 가 83의 값을 가질 때, 윤곽 오차를 계산하는 과정을 살펴보면, 수학식 2를 이용하여  $E_C = 0.7 \times 50 + 0.3 \times 70$ 의 식이 도출된다. 따라서, 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차  $E_C$ 는 56이라는 값이 도출된다. 제1 보간데이터 또한 위 제2 보간데이터를 구한 방식과 마찬가지로의 방식으로 계산될 수 있다.

[0077] 데이터 베이스(140)에서 다양한 경로에 대한 근사 데이터를 저장하였더라도, 초기 공구 경로 지령의 공구 속도와 코너링 각도가 정확하게 일치하는 근사 데이터가 존재하지 않을 수 있는 바, 위 수학식 1 및 2를 통해서, 초기 공구 경로 지령에 해당하는 공구의 이동속도와 코너링 각도가 일치하는 조건에서의 윤곽 오차 최댓값을 산출할 수 있다.

[0078] 데이터 베이스(140)에서 모든 공구경로에 대하여 시뮬레이션을 수행하여 데이터로 저장하는 것은 방대한 용량과 시간의 한계로 인해 실질적으로 불가능하다. 그러나 이와 같이, 모든 공구경로에 대한 근사 데이터를 저장하지 않아도, 코너링 오차 허용값 산출부(100)에서 공구 속도 및 코너링 각도와 정확히 일치하는 지점의 윤곽 오차를 산출할 수 있는 이점이 있다.

[0079] 여기서, 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차는 상기 윤곽 오차 최댓값의 허용값보다 큰 값을 가지고, 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차는 상기 윤곽 오차 최댓값의 허용값보다 작은 값을 가진다. 이러한 값을 가지는 보간 데이터를 산출하여 주어진 초기 공구 경로 지령에서의 예측되는 윤곽 오차의 범위를 산출할 수 있다.

[0080] 도 3의 우측 아래를 예시로 살펴보면, 산출된 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차  $E_{B1}$ 는 윤곽 오차 최댓값의 허용값(70)보다 큰 값인 80이며, 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차  $E_{B2}$ 는 윤곽 오차 최댓값의 허용값(70)보다 작은

56에 해당한다. 여기서, 제1 윤곽 오차와 윤곽 오차 최댓값의 허용값간 차이는 데이터 탐색부(120)에서 탐색될 수 있는 윤곽 오차 최댓값의 허용값보다 큰 근사 데이터의 윤곽 오차 중에서 가장 작은 차이를 가질 수 있다. 제2 윤곽 오차 또한 마찬가지로, 윤곽 오차 최댓값의 허용값 보다 작은 윤곽 오차들 중에서 윤곽 오차 최댓값의 허용값과 차이가 가장 작은 값에 해당한다. 즉, 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 해당하는 70과 일치하는 지점을 찾아내기 위해, 윤곽 오차 최댓값의 허용값보다 큰 윤곽 오차를 가지는 제1 보간데이터와 작은 윤곽 오차를 가지는 제2 보간데이터를 산출해 내는 것이다.

[0081] 코너링 오차 허용값 산출부(100)는 산출된 제1 보간데이터와 제2 보간데이터를 이용하여 윤곽 오차 최댓값의 허용값이 일치하는 지점으로 코너링 오차를 조절할 수 있다. 일례로, 도 3의 우측하단부의 일 예를 보면, 초기 공구 경로 지령의 조건인  $F=600$ ,  $\theta=83$ 인 지점에서 코너링 오차가 50이고, 윤곽 오차가 80인 제1 보간데이터와 코너링 오차가 40이며, 윤곽 오차가 56인 제2 보간데이터를 가지고, 윤곽 오차가 윤곽 오차 최댓값의 허용값이 70인 지점을 찾을 수 있다.

[0082] 위 코너링 오차 조절부를 통한 코너링 오차의 조절은 선형 보간 알고리즘을 이용할 수 있다. 여기서 선형 보간 알고리즘은 하기 수학적식 3 및 4에 의해 이루어 질 수 있다.

[0083] [수학적식 3]

$$d = \frac{E_{CT} - E_{B2}}{E_{B1} - E_{B2}}$$

[0085] [수학적식 4]

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + d\Delta\varepsilon$$

[0087] 이때, X-Y축상 보간데이터를 나타냈을 때, d는 좌표상 제1 보간데이터와 제2 보간데이터 사이의 거리,  $E_{CT}$ 는 윤곽 오차 최댓값의 허용값,  $E_{B2}$ 은 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차,  $E_{B1}$ 은 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차,  $\varepsilon$ 은 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 맞추어 조절하고자 하는 코너링 오차,  $\varepsilon_1$ 은 제2 보간데이터의 코너링 오차,  $\Delta\varepsilon$ 는 제2 보간데이터의 코너링 오차와 제1 보간데이터의 코너링 오차 간의 차이값에 해당한다.

[0088] 위 수학적식 3 및 4를 이용하여 코너링 오차를 구하는 방식은 도 3의 우측 하단에 나타나 있다. 코너링 오차 조절부는 제1 보간데이터 및 제2 보간데이터를 이용하여, 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 해당하는 70인 지점에서의 코너링 오차를 산출할 수 있다. 계산 방식을 구체적으로 살펴보면, 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차  $E_{B1}$ 은 80이고, 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차  $E_{B2}$ 는 56, 윤곽 오차 최댓값의 허용값  $E_{CT}$ 은 70이다. 각각의 값을 수학적식 3에 대입하면,  $d = \frac{70-56}{80-56}$  이므로, d는 0.583이다. 따라서, 수학적식 4에 있어서,  $\varepsilon_1$ 은 제2 보간데이터의 코너링 오차인 40에 해당하고, 제1 보간데이터의 코너링 오차  $\varepsilon_{B1}$ 인 50과  $\varepsilon_1$ 의 차이  $\Delta\varepsilon$ 는 10이다. 각각의 값들을 수학적식 4에 대입하면, 조절된 코너링 오차  $\varepsilon$ 은 45.83이 산출된다. 이는 도 3에 도시된 일 예에 해당하며, 다른 근사데이터에 의하여 코너링 오차가 산출될 수 있음은 물론이다.

[0089] 공구 경로 생성기(200)는 산출된 코너링 오차를 이용하여 최종 공구경로를 생성할 수 있다. 이는 공구 경로 생성기(200)의 보간기(260)가 공구 경로 생성기(200)의 선독기(240)에서 출력된 최종 공구경로 지령을 이용하여 공구경로를 생성하는 방식으로 이루어질 수 있다. 공구 경로 생성기(200)는 위 산출된 코너링 오차, 초기 공구 경로 지령의 공구 속도, 코너링 각도 및 윤곽 오차 최댓값의 허용값을 기초로 최종 공구경로를 생성할 수 있다. 최종 공구경로는 공작기계가 최종적으로 가공물을 가공하기 위해 이동하도록 입력받는 경로를 말한다.

[0090] 이하에서는, 본 발명의 다른 실시예에 따른 수치 제어 방법에 대하여 설명하기로 한다. 앞서 본 장치(10)에서 설명한 내용과 중복되는 내용은 생략한다.

[0091] 본 방법은, 코너링 오차 허용값 산출부가 수신된 초기 공구 경로 지령 및 소정의 윤곽 오차 최대값의 허용값에 기초하여, 윤곽 오차의 최대값이 상기 윤곽 오차 최대값의 허용값 이하가 되도록 하는 코너링 오차 허용값을 산출하는 단계; 및 공구 경로 생성기가 산출된 코너링 오차 허용값에 기초하여 최종 공구 경로 지령을 출력하는 단계;를 포함하고, 코너링 오차 허용값을 산출하는 단계에서, 데이터 베이스(140)에 사전에 저장된 기준 경로 오

차 데이터에서 상기 수신된 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최대값의 허용값에 해당하는 보간된 데이터를 산출하고, 보간된 데이터에 해당하는 코너링 오차 허용값을 산출할 수 있다.

[0092] 여기서, 상기 기준 경로 오차 데이터는, 소정의 경로별로 공구 속도, 코너링 각도, 코너링 오차 및 윤곽 오차 최대값을 포함하고, 상기 윤곽 오차 최대값은 상기 공구 속도, 코너링 각도 및 코너링 오차에 따른 최대값에 해당한다.

[0093] 또한, 코너링 오차 허용값 산출부가 코너링 오차 허용값 산출 단계는 데이터 탐색부가 데이터를 탐색하는 단계를 더 포함하고, 데이터 탐색 단계는, 데이터 탐색부가 기준 경로 오차 데이터 중 상기 초기 공구 경로 지령 및 윤곽 오차 최대값과 가장 근사한 적어도 하나의 기준 경로 오차 데이터를 포함하는 근사 데이터 세트를 추출한다.

[0094] 이때, 데이터 탐색 단계는, 데이터 탐색부가 초기 공구 경로 지령과 상기 기준 경로 오차 데이터의 공구 속도 및 코너링 각도 간의 차이가 가장 작은 근사 데이터 세트를 추출하고, 상기 근사 데이터 세트는 적어도 4개의 근사 데이터로 이루어질 수 있다.

[0095] 한편, 4개의 근사 데이터는, 제1 내지 제4 데이터를 포함하고, 제1 내지 제4 데이터는 공구 속도가 동일하고, 제1 및 제3 데이터의 코너링 오차는 각각 상기 제2 및 제4 데이터의 코너링 오차가 동일하고, 제1 및 제2 데이터의 코너링 각도는 각각 상기 제3 및 제4 데이터의 코너링 각도와 동일할 수 있다.

[0096] 또한, 코너링 오차 허용값 산출 단계는, 코너링 오차 허용값 산출부가 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제1 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 및 제2 데이터를 보간하여 제1 보간데이터를 산출하고, 초기 공구 경로 지령의 공구 속도 및 코너링 각도와 제2 보간데이터의 공구 속도 및 코너링 각도가 일치하도록 상기 제1 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제3 데이터 및 제4 데이터를 보간하여 제2 보간데이터를 산출할 수 있다.

[0097] 여기서, 제1 선형 보간 알고리즘은 하기 수학적 식 1 및 2에 해당할 수 있다.

[0098] [수학적 식 1]

$$\alpha = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

[0099]

[0100] [수학적 식 2]

$$E_C = \beta E_{C1} + \alpha E_{C2}$$

[0101]

[0102] (X-Y축상 근사데이터를 나타냈을 때,  $\alpha$ 는 X축상 좌측 근사 데이터와 보간 데이터 간의 거리를 의미하며,  $\beta = 1 - \alpha$ ,  $\theta$ 는 보간 데이터의 코너링 각도,  $\theta_1$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 코너링 각도,  $\theta_2$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 코너링 각도,  $E_{C1}$ 은 X축상 좌측 근사 데이터의 윤곽 오차,  $E_{C2}$ 는 X축상 우측 근사 데이터의 윤곽 오차이며, X축상 좌측 근사 데이터는 제1 또는 제3 데이터이며, 우측 근사 데이터는 제2 또는 제4 데이터이며, 보간 데이터는 제1 또는 제2 보간데이터임)

[0103] 또한, 코너링 오차 허용값 산출 단계는, 코너링 오차 허용값 산출부가 제2 선형 보간 알고리즘에 의해 상기 제1 보간데이터와 상기 제2 보간데이터를 보간하여 제3 보간데이터를 산출하고, 상기 제3 보간데이터의 윤곽 오차가 상기 윤곽 오차 최대값의 허용값과 일치하도록 상기 제3 보간데이터의 코너링 오차를 생성할 수 있다.

[0104] 여기서, 제2 선형 보간 알고리즘은 하기 수학적 식 3 및 4에 해당할 수 있다.

[0105] [수학적 식 3]

$$d = \frac{E_{CT} - E_{C1}}{E_{C2} - E_{C1}}$$

[0106]

[0107] [수학식 4]

$$[0108] \quad \varepsilon = \varepsilon_1 + d\Delta\varepsilon$$

[0109] (X-Y축상 보간데이터를 나타냈을 때, d는 좌표상 제1 보간데이터와 제2 보간데이터 사이의 거리,  $E_{CT}$ 는 윤곽 오차 최댓값의 허용값,  $E_{B2}$ 은 제2 보간데이터의 제2 윤곽 오차,  $E_{B1}$ 는 제1 보간데이터의 제1 윤곽 오차,  $\varepsilon$ 은 윤곽 오차 최댓값의 허용값에 맞추어 조절하고자 하는 코너링 오차,  $\varepsilon_1$ 은 제2 보간데이터의 코너링 오차,  $\Delta\varepsilon$ 는 제2 보간데이터의 코너링 오차와 제1 보간데이터의 코너링 오차 간의 차이값임)

[0110] 도 4는 본 발명의 일 예에 따른 코너링 오차 조절 결과를 나타낸 도면으로, 제1 지령점에 대한 공구경로는  $\theta_1$ 과 같이 작은 코너링 각도를 가진다. 따라서 이 가공 형상이 급변하는 코너에서는 윤곽 오차가 크게 나타날 수밖에 없는 지점이므로, 코너링 오차를 작게 조절하여 가공물의 형상 정밀도를 향상시킬 수 있다. 제2 지령점의 경우 코너링 각도 $\theta_2$ 가 크므로, 상대적으로 가공 형상이 완만한 구간이며, 윤곽 오차가 상대적으로 작게 나타난다. 따라서 코너링 오차를 크게 조절하여, 가공시간을 단축시킬 수 있는 이점을 가진다.

[0111] 도 5는 본 발명의 일 예에 따른 수치 제어 방법(S10)을 나타낸 플로우 차트로, 수치 제어 방법은 사용자가 입력한 파트 프로그램으로부터 해석기가 초기 공구 경로 지령을 추출하고(S100), 선독기에서 초기 공구 경로 지령을 해석하여 코너링 오차 허용값 산출부에 전달할 수 있다(S200). 선독기에서 해석된 초기 공구 경로 지령은 공구 속도, 코너링 각도를 포함할 수 있다. 해석된 초기 공구 경로 지령을 바탕으로 데이터 베이스에서 가장 근사한 데이터 세트를 탐색할 수 있다(S300). 탐색된 데이터 세트에서 선형 보간 알고리즘을 적용하여 해당 공구 속도, 코너링 각도의 조건에서 윤곽오차 최댓값을 산출할 수 있다(S400). 이 후 데이터 세트에서 윤곽오차 최대값의 허용값을 만족하는 코너링 오차 허용값을 산출한다(S500). 산출된 코너링 오차 허용값을 선독기에 전달하고(S600), 선독기와 보간기를 거쳐 윤곽오차의 제한이 가능한 최종 공구 경로를 생성할 수 있다(S700).

[0112] 또한, 본 발명은 최초 경로 데이터의 공구 속도를 변경하지 않고 제한된 윤곽 오차 범위내에서 코너링 오차를 조절하기에, 상대적으로 빠른 가공을 수행할 수 있다.

[0113] 단, 본 발명은 고정된 윤곽 오차 최댓값의 허용값을 가지는 것이 아니라, 이송 구간별로도 윤곽 오차 최댓값의 허용값을 다르게 설정하여 코너링 오차를 조절할 수 있음은 물론이다.

[0114] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야 한다.

## 부호의 설명

[0115] 10: 수치 제어 장치

100: 코너링 오차 허용값 산출부

120: 데이터 탐색부

140: 데이터 베이스

160: 시뮬레이션부

180: 연산부

200: 공구 경로 생성기

220: 해석기

240: 선독기

260: 보간기

300: 파트 프로그램

S10: 수치 제어 방법

S100: 파트 프로그램으로부터 초기 공구 경로 지령을 추출

S200: 선독기에서 해석된 초기 공구 경로 지령을 코너링 오차 허용값 산출부에 전달

S300: 해석된 초기 공구 경로 지령에 가장 근사한 데이터 세트를 데이터 베이스에서 탐색

S400: 보간 알고리즘을 적용하여 초기 공구 경로 지령 조건에서의 윤곽오차 최대값을 산출

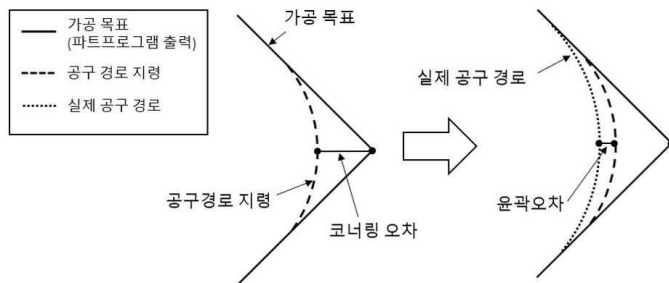
S500: 윤곽오차 최대값의 허용값을 만족하는 코너링 오차 허용값을 산출

S600: 산출된 코너링 오차 허용값을 선독기에 전달

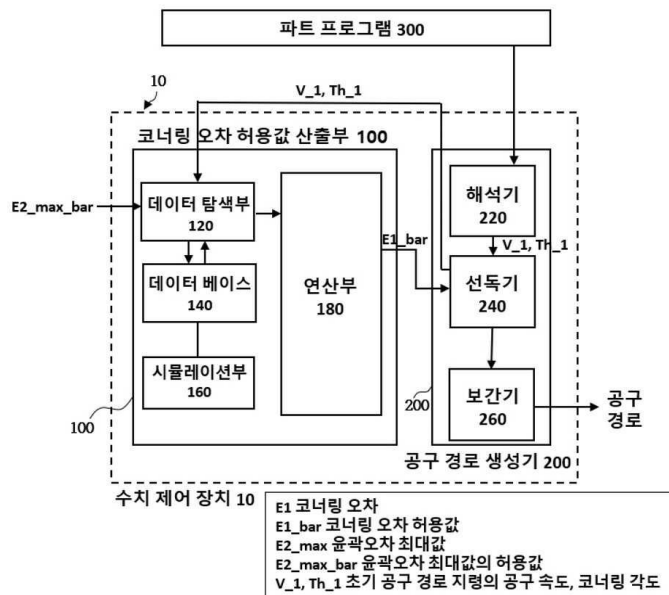
S700: 선독기와 보간기를 거쳐 윤곽오차의 제한이 가능한 최종 공구 경로 생성

## 도면

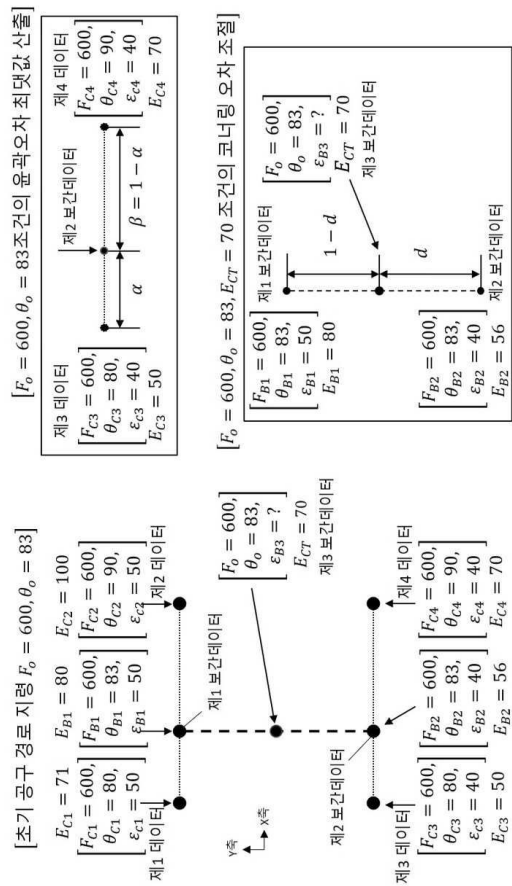
### 도면1



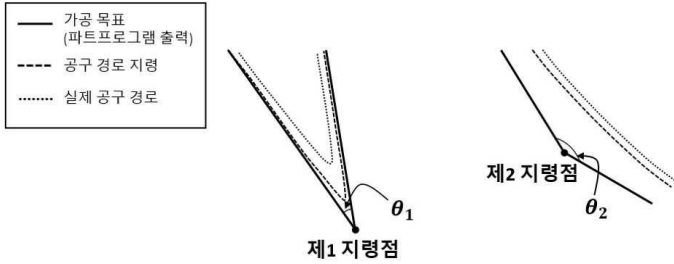
### 도면2



도면3



도면4



도면5

